

TFG

PROYECTO DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE UN FOSIL DE *Lirainosaurus astibiae*

Presentado por Isabel Martín-Macho Millas

Tutora: Dra. Begoña Carrascosa Moliner

Cotutor: Dr. Julio Company

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Curso 2015-2016



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN

Los fósiles son restos de seres vivos, o cualquier evidencia de su actividad biológica, de épocas geológicas pasadas que han quedado incorporados en el interior de la corteza terrestre. Son los únicos vestigios que han quedado del paso por nuestro planeta de muchos organismos, por lo que suponen una herramienta esencial para comprender la evolución de la vida en La Tierra. Poseen un enorme interés, valor científico y patrimonial, por ese motivo son merecedores de una protección especial. En España están protegidos como Patrimonio Paleontológico y reconocidos como parte del Patrimonio Histórico desde 1985. En el presente Trabajo de Fin de Grado se aborda la intervención de conservación y restauración de una vértebra dorsal fósil del dinosaurio saurópodo titanosaurio *Lirainosaurus astibiae*. A través de este trabajo se presentan los diferentes procesos realizados para conseguir la preparación del espécimen para su posterior estudio científico y divulgación, además de asegurar su conservación en óptimas condiciones mediante la elaboración de un embalaje y el planteamiento de unas medidas de conservación preventiva adecuados.

PALABRAS CLAVE

Fósil, *Lirainosaurus astibiae*, Preparación, Conservación y Restauración

ABSTRACT

Fossils are remains of extinct living beings, or any evidence of their biological activity, that have been incorporated into the crust of the Earth. They are the only vestiges that remain in the earth of lots of organisms. Thus, they constitute an essential tool to understand the evolution of life on Earth. They deserve special protection due to they are of paramount interest and have a heritage value. In Spain they are recognized and protected as paleontological heritage as part of the historic heritage since 1985. This final project addresses the intervention of conservation and restoration of a dorsal vertebra of the sauropod titanosaurian dinosaur *Lirainosaurus astibiae*. The different processes for the preparation of the specimen for future research and dissemination are presented in this work. Furthermore, it was develop a packaging and the approach of appropriate preventive conservation measures in order to ensure the conservation of the fossil in optimal conditions.

KEYWORDS

Fossil, *Lirainosaurus astibiae*, preparation, conservation and restoration

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	PÁG. 4
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	PÁG. 6
2.1. OBJETIVOS	PÁG. 6
2.2. METODOLOGÍA	PÁG. 7
2.2.1. <i>Análisis y estudio documental</i>	Pág. 7
2.2.2. <i>Procedimientos prácticos</i>	Pág. 7
2.2.3. <i>Documentación gráfica y fotográfica</i>	Pág. 8
2.2.4. <i>Elaboración de la memoria</i>	Pág. 8
3. LOS FÓSILES	PÁG. 9
3.1. PRINCIPALES PROCESOS DE FOSILIZACIÓN DE RESTOS DE VERTEBRADOS.	PÁG. 10
3.2. TIPOS DE ROCAS QUE PUEDEN ALBERGAR FÓSILES Y MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.	PÁG. 12
4. CASO DE ESTUDIO:	
VÉRTEBRA FÓSIL DE <i>Lirainosaurus astibiae</i>	Pág. 13
4.1. DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DEL ESPÉCIMEN	PÁG. 13
4.2. CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO	PÁG. 16
4.3. ESTADO DE CONSERVACIÓN	PÁG. 17
5. CRITERIOS Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	PÁG. 20
6. PROCESO DE INTERVENCIÓN	PÁG. 22
6.1. LIMPIEZA	PÁG. 22
6.2. CONSOLIDACIÓN	PÁG. 25
6.3. PROTECCIÓN FINAL	PÁG. 26
7. CONSERVACIÓN PREVENTIVA. SISTEMA DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO.	PÁG. 29
8. CONCLUSIONES	PÁG. 31
9. BIBLIOGRAFÍA	PÁG. 32
10. ÍNDICE DE FIGURAS.	PÁG. 34
11. ANEXOS.	PÁG. 36

1. INTRODUCCIÓN

Cada fósil que sale de una excavación es un documento único cuyo estudio aporta información de gran importancia sobre la evolución de la vida en la Tierra. La conservación de estos frágiles materiales en las mejores condiciones y su preparación previa es fundamental para su posterior estudio por parte de los especialistas.

La preparación de un fósil engloba toda una serie de operaciones que van desde su extracción de la matriz rocosa hasta su embalaje para el almacenamiento y estudio o su montaje en la sala de exposiciones de un museo. El objetivo principal de toda preparación es la conservación y restauración del fósil con el fin de prepararlo para su estudio y divulgación además de asegurar su perdurabilidad en el tiempo.

La paleontología es la disciplina científica encargada del estudio de los seres vivos que existieron en nuestro planeta en épocas geológicas pasadas. Al observar, comparar y estudiar los restos fósiles, los especialistas encuentran evidencias de las características y evolución de la vida a través del tiempo, lo que permite comprender la actual biodiversidad y distribución de los seres vivos sobre la Tierra.

Para que un organismo, o los restos de su actividad biológica, se preserven, deben enterrarse rápidamente, de tal manera que no sean destruidos por agentes ambientales y/o biológicos (lluvia, organismos carroñeros, etc.). Las condiciones que favorecen la fosilización se presentan con poca frecuencia en la naturaleza, por lo que los fósiles son muy escasos. Así, en numerosas ocasiones, un sólo resto óseo o algunos dientes, es lo único que se conoce de especies que habitaron la Tierra hace millones de años.

Por estas razones, el Patrimonio Paleontológico posee un enorme interés y valor científico y patrimonial por lo que es merecedor de una protección especial. El Patrimonio Paleontológico está reconocido en España como integrante del Patrimonio Histórico desde 1985, tal como indica la Ley 16/1985, de 25 de Junio, del Patrimonio Histórico Español, y que comprende tanto los yacimientos como los hallazgos fósiles que de ellos se extraen, siendo éste un material natural muy rico cuya función cultural está dirigida al estudio científico, a su divulgación y puesta en valor. A nivel autonómico, la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano otorga entidad propia al Patrimonio Paleontológico independientemente del Patrimonio Histórico. Este reconocimiento ha supuesto un aumento de su grado de protección, lo que ha incrementado la demanda de profesionales para su conservación y restauración, que han entrado a formar parte activa de los equipos interdisciplinares dedicados al desarrollo de la Paleontología.

Es habitual que las intervenciones sobre este tipo de materiales las realicen los propios paleontólogos, pero poco a poco esta tendencia está cambiando y la llegada de conservadores-restauradores a este terreno junto

con el desarrollo de nuevas tecnologías está introduciendo nuevos criterios de intervención que aseguran la salvaguarda y transmisión de la información que contienen estos materiales.

En el presente Trabajo de Fin de Grado (en adelante TFG) se aborda la intervención de conservación y restauración de una vértebra dorsal fósil del dinosaurio saurópodo titanosaurio *Lirainosaurus astibiae* (Sanz *et al.*, 1999) llevada a cabo con motivo de la realización del taller denominado: “La Conservación y Restauración de materiales fósiles” impartido por la Dra. Begoña Carrascosa Moliner y por el Dr. Julio Company Rodríguez a través del Centro de Formación Permanente de la Universitat Politècnica de València.

En este trabajo se presentan los diferentes procesos realizados para conseguir la preparación del espécimen para su posterior estudio científico y divulgación, además de asegurar su conservación en óptimas condiciones.

Es importante destacar que la intervención del espécimen ya había sido iniciada en una promoción anterior del citado taller, por lo que la actuación realizada se ha limitado en retomar y completar los procesos de limpieza y consolidación, además de profundizar en su estudio y contextualización.

La motivación de este trabajo viene dada por la importancia y singularidad del espécimen objeto de estudio y el interés en que el proceso de restauración no quedara incompleto con el consecuente peligro para la conservación de la pieza que esto conlleva. Como consecuencia, se decidió completar y finalizar la intervención realizada en el taller antes mencionado con varias sesiones extras de trabajo llevadas a cabo en el Laboratorio del terreno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la *Universitat Politècnica de València*, bajo la supervisión del Dr. Julio Company Rodríguez, hasta finalizar la intervención.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este TFG es llevar a cabo una intervención de conservación y restauración de un resto fósil del dinosaurio saurópodo titanosaurio *Lirainosaurus astibiae* con el fin de prepararlo para su estudio y asegurar su perdurabilidad en el tiempo.

Para alcanzar este objetivo principal, se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar detenidamente las características del fósil y contextualizarlo, teniendo en cuenta tanto el contexto de su formación como el de su extracción e intervención anterior.
- Evaluar y documentar el estado de conservación en el que se encuentra el espécimen en el momento de retomar la intervención.
- Formular una propuesta de intervención adecuada a las características de la pieza y a los medios existentes.
- Intervenir directamente sobre el espécimen siguiendo la propuesta de intervención planteada.
- Documentar fotográficamente todos los tratamientos llevados a cabo con el fin de poder disponer de un registro de imágenes que permita un estudio más exhaustivo de la pieza.
- Realizar una propuesta de conservación preventiva adaptada a las necesidades específicas de la pieza.
- Analizar la información obtenida en el proceso de documentación y efectuar una revisión bibliográfica que complemente los conocimientos prácticos adquiridos durante el estudio y la intervención del espécimen.
- Elaborar un informe final de la intervención.

2.2. METODOLOGÍA

Para escoger la metodología de trabajo más adecuada se valoraron y tuvieron en cuenta las técnicas y métodos de trabajo aprendidos durante el Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales, así como la información complementaria aprendida durante el taller “La Conservación y Restauración de materiales fósiles”. No obstante, lo más importante fue tener las competencias necesarias para saber adaptar todos estos conocimientos a las características particulares de la pieza.

De este modo, la metodología aplicada en este TFG se abordó de dos formas claramente diferenciadas: una parte documental o teórica y otra práctica. Así mismo, se realizó una documentación fotográfica y, finalmente, se elaboró la memoria del trabajo realizado, documento que representa este TFG.

2.2.1. *Análisis y estudio documental*

Esta primera fase se inicia con un estudio y análisis de la documentación bibliográfica. Se establece así un marco teórico sobre el tema en cuestión, necesario dentro de la metodología a aplicar. Para ello, fueron consultados diferentes recursos que se han publicado sobre el tema, tales como monografías, artículos, libros, actas de congreso y revistas especializadas, procedentes de bibliotecas, hemerotecas, Online o la información proporcionada por profesionales en la materia como son los tutores del presente trabajo. De este modo, el plan de trabajo puede resumirse en:

- Búsqueda y recopilación de recursos.
- Organización de todos los documentos seleccionados.
- Estudio de la información científico-técnica obtenida.

2.2.2. *Procedimientos prácticos*

Con la intención de conseguir información concreta en relación a los materiales y estado de conservación del fósil, fueron realizados una serie de procedimientos:

- Análisis organoléptico del espécimen.
- Evaluación de su estado de conservación.
- Pruebas experimentales como son las diferentes catas de limpieza.

Seguidamente, se procedió a la ejecución de las diferentes fases del proceso de intervención. Esta parte es importante ya que supone la aplicación práctica tanto de la información obtenida como de las diferentes técnicas y habilidades aprendidas durante el grado. En este caso, las fases que se llevaron a cabo fueron:

- Tratamiento de limpieza.
- Tratamiento de consolidación.
- Protección final.

Una vez finalizada la intervención propuesta, se elaboró un sistema de embalaje y almacenamiento adecuado para la conservación del espécimen. Asimismo, se determinó una serie de medidas orientadas a la conservación preventiva del espécimen.

2.2.3. Documentación gráfica y fotográfica

La documentación fotográfica resultante constituye un amplio registro de material fotográfico recopilado durante todo el proceso de estudio e intervención. Es un punto de partida fundamental para la conservación y restauración de todo tipo de bienes culturales. Para llevarla a cabo correctamente se estableció el siguiente plan de trabajo:

- Realización de fotografías del fósil durante el estudio previo.
- Realización de fotografías del fósil durante la intervención.
- Realización de fotografías del fósil después de la intervención.
- Organización, clasificación, estudio detallado y procesado de las fotografías obtenidas.

Para complementar la información obtenida con el registro fotográfico se llevo a cabo una recopilación, selección, y elaboración de material gráfico constituida por los diferentes dibujos, croquis explicativos y mapas de daños que apoyan el texto del presente informe.

2.2.4. Elaboración de la memoria

Finalmente, se reunió, organizó, trató y procesó toda la información generada. Teniendo en cuenta los objetivos planteados inicialmente y el marco teórico establecido, fue posible generar una información final con un espíritu crítico. Con todo ello, fueron elaboradas unas conclusiones que, con todo lo demás, han sido reflejadas en el presente documento, lo cual será defendido oralmente en último término.

3. LOS FÓSILES



Fig. 1. Vista general de un yacimiento paleontológico durante su excavación.

Fuente:

<http://godzillin.blogspot.com.es>



Fig. 2. Icnofósil o huella fosilizada.

Fuente: www.guiadinosauros.com

Los fósiles son restos de seres vivos, o cualquier evidencia de su actividad biológica, de épocas geológicas pasadas que han quedado incorporados en el interior de la corteza terrestre¹ (Fig.1). Por lo general se conservan integrados en el interior de rocas sedimentarias tras sufrir una serie de procesos fisicoquímicos, más o menos intensos, que los transforma en rocas. Este proceso se denomina mineralización y es uno de los múltiples procesos de fosilización. También se consideran fósiles los restos que encontramos en otro tipo de materiales como pueden ser los insectos conservados en ámbar o los mamuts que se conservan congelados en hielo.

Los fósiles más comúnmente conocidos son aquellos que provienen de los restos directos de organismos, es decir los producidos tras la muerte del ser vivo. Igualmente pueden provenir de las partes muertas de organismos² (hojas caídas de los árboles, cambios de mudas o de dentición, etc). También consideramos fósiles los restos indirectos producidos por cualquier evidencia de la actividad de estos organismos, como son las señales de locomoción (huellas de paso de los animales, así como las pistas de reptación, dejadas al desplazarse sobre un sustrato blando) (Fig.2), las señales de nutrición (restos regurgitados, excrementos, gastrolitos, y marcas de masticación, picoteo o raedura) y otras evidencias de actividad orgánica, como las cavidades de habitación o de morada (nidos y madrigueras).

Los fósiles son los únicos vestigios que han quedado del paso por nuestro planeta de muchos organismos, por lo tanto son una herramienta esencial para comprender la evolución de la vida en La Tierra. A través de su estudio se puede obtener la información necesaria para reconstruir ecosistemas y condiciones climáticas del pasado y hacer estudios paleogeográficos³. La paleontología se ocupa del estudio de la evolución de la vida en la Tierra a través del estudio de los fósiles. Dentro de ésta existen diferentes ramas como son: la paleobiología, que se ocupa del estudio de los organismos del pasado o entidades paleobiológicas (organismos ya extinguidos que conocemos solo a través de sus fósiles), la biocronología, que estudia cuándo vivieron dichos organismos y la tafonomía, que se ocupa del estudio de los procesos de fosilización y de la formación de los yacimientos de fósiles.

Por lo general la idea de fosilización se asocia únicamente a la de mineralización, por ser éste uno de los principales procesos de fosilización. Sin embargo, existen variados mecanismos y procesos que inducen a que los restos de seres vivos pasen a formar parte del registro fósil, como son la formación de moldes y replicas, la momificación o la conservación en hielo, brea o ámbar.

1 FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E. Enfoques emergentes en la investigación de la historia de la Tierra, p. 157.

2 VICENS, E; OMS, O. Los fósiles: qué son y para qué sirven, p. 110.

3 *Ibíd.* p. 111.

Debido a que el fósil objeto de estudio se formó mediante un proceso de mineralización a partir de una vértebra de dinosaurio, en este trabajo se explican las condiciones más importantes que afectan a dicho proceso. Seguidamente, se detalla la información geológica que se considera más interesante en estos casos para elaborar una correcta metodología de conservación y restauración.

3.1. PRINCIPALES PROCESOS DE FOSILIZACIÓN DE RESTOS DE VERTEBRADOS.

Cuando un vertebrado muere genera unos restos susceptibles de convertirse en fósiles, pero para que esto sea posible deben darse una serie de condiciones. Cuanto antes se produzca el enterramiento de los restos mayor será la probabilidad de fosilización, debido a que si permanecen a la intemperie quedarán expuesto durante más tiempo a la acción de carroñeros y de agentes bióticos destructores, a la agresividad del clima, a la acción mecánica del viento o las corrientes marinas, etc. La acción continuada de estos factores podría llevar a la destrucción de los restos antes de que estos pudieran convertirse en fósiles. Los restos se irán cubriendo poco a poco de sedimentos. Los primeros centímetros de estos sedimentos son biológicamente activos y en ellos proliferan bacterias que continuarán con la descomposición de las partes blandas del organismo.

Todos los procesos ocurridos desde que se generan los restos hasta su enterramiento se enmarcan dentro de la fase bioestratinómica, mientras que todos los procesos posteriores al enterramiento se enmarcan dentro de la fosildiagénesis⁴.

Durante las primeras fases de la fosildiagénesis se produce la descomposición y pérdida de los compuestos orgánicos del hueso que serán reemplazados por minerales. Un hueso está compuesto, aproximadamente, por un 70% de minerales fosfáticos, de los cuales un 60% es hidroxiapatito [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$], 18% de proteínas (en su mayor parte colágeno), entre un 10 y un 20% de agua y un 3% de otras sustancias orgánicas.

Durante la fase de diagénesis temprana se producen dos procesos fundamentales: la degradación del colágeno y la recristalización del apatito. El colágeno se hidrata y aumenta su tamaño en lo que llamamos gelatinización. Esto produce microgrietas en el tejido óseo, que facilitarán la circulación e intercambio de sustancias con el medio que lo rodea. A su vez, el hidroxiapatito se transforma en carbonato-fluoroapatito (Francolita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_5\text{CO}_3\text{F}_{1.5}(\text{OH})_{0.5}$) por recristalización y por sustitución de grupos OH^- y PO_4^{3-} por Cl^- , F^- y CO_3^{2-} . Además de estos procesos, durante esta fase pueden

4 FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. Tafonomía, fosilización y yacimientos de fósiles: modelos alternativos. p.116.

precipitar minerales, sobretodo Pirita (FeS_2), en el interior de las cavidades del hueso.

En la siguiente fase de la fosildiagénesis, la diagénesis tardía, se produce la precipitación de minerales en las cavidades y poros del hueso. Los iones metálicos se encuentran en disolución en el medio circundante y entran en contacto con el hueso en fosilización que tiene un pH muy elevado debido a la presencia del apatito, lo que produce la precipitación de los iones metálicos en forma de hidróxidos formando costras o rellenos internos⁵. Los principales minerales que podemos encontrar en estos fósiles, son: calcita, dolomita, cuarzo, pirita y marcasita; "limonita", hematites, ópalo, yeso, glauconita, apatito.

ETAPAS Y PRINCIPALES PROCESOS DIAGENÉTICOS EN HUESOS DE VERTEBRADOS


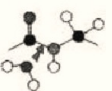

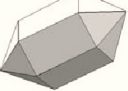
Diagénesis temprana			Diagénesis tardía
			
pH 8-10	pH 8-10	pH 8-10	pH 8-10
Actividad microbiana	Gelatinización del colágeno	Microfractura	Procesos abióticos
Precipitación de pirita			Precipitación de pirita
			Precipitación de hidróxidos metálicos y transformación en óxidos (hematites, goethita, pirolusita)
			Precipitación de carbonatos (Calcita), sílice (cuarzo, ópalo), Sulfatos (Yeso, Barita...)
Deformación por presión litostática (con o sin fracturación)			
Relleno de cavidades por entrada de sedimento			

Fig. 3. Etapas y principales procesos diagénéticos en huesos de vertebrados. Imagen cedida por Julio Company.

Mientras todo esto sucede, suelen darse otros procesos que afectan a su vez a la formación del fósil como son las fracturaciones o deformaciones producidas por la presión litostática, así como el relleno de cavidades con sedimentos. Todos estos procesos son los que conocemos como procesos diagenéticos y son los que producen la transformación de los restos óseos en fósiles (Fig.3).

3.2. TIPOS DE ROCAS QUE PUEDEN ALBERGAR FÓSILES Y MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.

Tras el enterramiento los restos óseos se incorporan al sedimento como cualquier otra partícula sedimentaria, quedando los fósiles integrados en el interior de rocas sedimentarias. De entre estas, las que tienen más posibilidades de albergar fósiles son: las calizas, margas, arcillas y areniscas. Cuanto más fino es el grano y menor la porosidad de la roca más posibilidades habrá de que encontremos especímenes fósiles en su interior y en mejores condiciones de conservación.

Cuando los restos quedan integrados en el interior de rocas poco consolidadas y de grano fino, como limos y arcillas, la extracción de la matriz rocosa será bastante sencilla, a través de medios mecánicos manuales. Lo mismo ocurre en el caso de quedar enterradas en depósitos de arenas. El grado de dificultad en la extracción quedara determinado por grado de cementación de las mismas y su composición mineralógica. Siendo muy útil la utilización de medios mecánicos con herramientas eléctricas o de aire comprimido o mediante limpiezas químicas en los casos de areniscas de mayor cementación. También es bastante habitual encontrar fósiles en brechas y conglomerados de cuevas y cavidades, o en el interior de sedimentos carbonatados como margas y calizas. En estos casos lo más efectivo suele ser la combinación de métodos de limpieza mecánica con el empleo de ácidos para disolver la matriz rocosa. Por último, existen casos, aunque más excepcionales, de fósiles preservados en cenizas volcánicas. El método de extracción en este caso quedará determinado por el grado de compactación de las cenizas^{6,7}.

6 *Ibíd.*

7 DIEGUEZ, C. *Manual de colecta, preparación y conservación de macrofósiles para colecciones científicas*. p.14.

4. CASO DE ESTUDIO: VÉRTEBRA FÓSIL DE *Lirainosaurus astibiae*

4.1. DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DEL ESPÉCIMEN

Fig. 4. Vista del perfil sobre el que se ha trabajado realizada durante el estudio previo a la intervención realizada por el autor.



El espécimen objeto de estudio (Fig. 4) es una vértebra dorsal de dinosaurio saurópodo titanosaurio *Lirainosaurus astibiae* procedente del yacimiento paleontológico de Chera 0 (termino municipal de Chera, provincia de Valencia). Dicho fósil fue obtenido el 24 de septiembre de 2010 en la campaña de excavación realizada ese mismo año. Actualmente se encuentra depositado en el Museo de Geología de la Universidad de Valencia (MGUV) con las siglas provisionales CH-1242.



Fig. 5. Recreación de un *Lirainosaurus astibiae*.

Fuente: www.dinoslevante.com,
Ilustración de Oscar Sanisidro.

La especie *Lirainosaurus astibiae* (Sanz *et al.*, 1999), es un dinosaurio saurópodo perteneciente a la familia de los titanosaurios, de porte esbelto y tamaño medio (entre 8 y 10 metros de longitud y entre 3 y 5 toneladas de peso) que habitó la Península Ibérica durante el Cretácico Superior (desde el Campaniense superior al Maastrichtiense inferior), hace aproximadamente 80 millones de años⁸ (Fig.5).

Es importante destacar que únicamente se han encontrado restos de *Lirainosaurus astibiae* en la Península Ibérica, tratándose además del único género y especie de saurópodo titanosaurio definido en la Península Ibérica hasta nuestros días⁹.

Este género fue definido por Sanz y colaboradores en 1999 a partir de un fragmento de cráneo, dientes aislados y abundantes restos óseos postcraneales procedentes del yacimiento paleontológico de Laño (Condado de Treviño, Burgos), localizado en la región Vasco-cantábrica (norte de la Península Ibérica)¹⁰. Posteriormente, en una campaña de excavación realizada en 2009 en el municipio de Chera (provincia de Valencia), se hallaron nuevos restos fósiles de dinosaurios titanosaurios que fueron asimilados al género *Lirainosaurus* (Company *et al.*, 2009)¹¹. Más tarde, durante la campaña realizada en el 2010 en el mismo yacimiento de Chera 0, fueron encontrados nuevos restos fósiles entre los que se encuentra la pieza objeto de estudio de este trabajo.

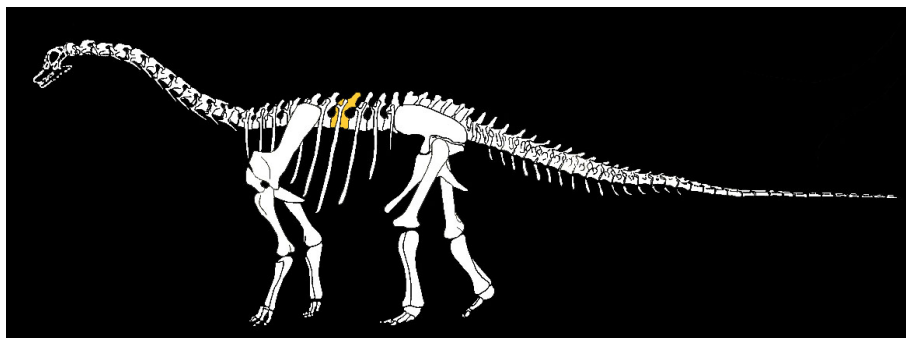
8 COMPANY.J; PEREDA, X; RUIZ-OMEÑACA, J.I. Nuevos restos fósiles del dinosaurio *Lirainosaurus* (Sauropoda, Titanosauria) en el Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano) de la Península Ibérica. p.391.

9 DÍEZ, V. Revisión del dinosaurio saurópodo *Lirainosaurus astibiae* (Titanosauria) del Cretácico Superior de la Península Ibérica: Comparación con otros titanosaurios del suroeste de Europa. Hipótesis Filogenética y Paleobiogeográfica [tesis doctoral].p.37.

10 SANZ, J.L. et al. Sauropod remains from the upper cretaceous of Laño (Northcentral Spain). Titanosaur phylogenetic relationships. p.235.

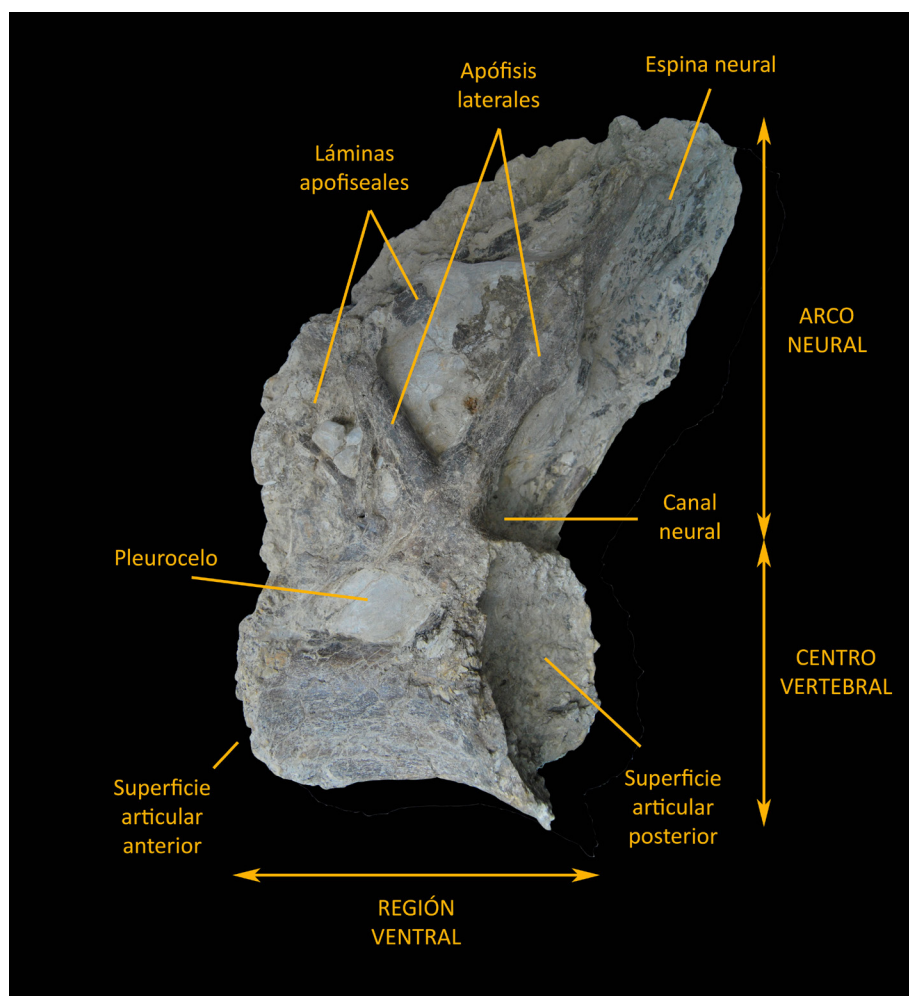
11 COMPANY.J; PEREDA, X; RUIZ-OMEÑACA, J.I. *Op. Cit.*

Fig. 6. Posición de la vértebra en el esqueleto del *Lirainosaurus astibiae*. Imagen cedida por Julio Company.



Se trata de una vértebra dorsal cuya posición aproximada en el esqueleto del *Lirainosaurus astibiae* es la que puede verse en la Figura 6. Pueden observarse en el espécimen las principales características de las vértebras dorsales de dicha especie: centros vertebrales opistocélicos, con la cara articular anterior marcadamente convexa y con sendos pleurocelos de tipo ocelar en la base del arco neural. El interior del centro vertebral está constituido por tejido trabecular esponjoso con estructura de tipo “panal de abeja”. El arco neural está muy desarrollado y se sitúa en posición central, estando compuesto por una espina neural, apófisis laterales y láminas apofiseales¹² (Fig.7).

Fig. 7. Esquema explicativo de la anatomía del fósil.



12 COMPANY.J.; PEREDA, X; RUIZ-OMEÑACA, J.I. *Op. Cit.* p.394.

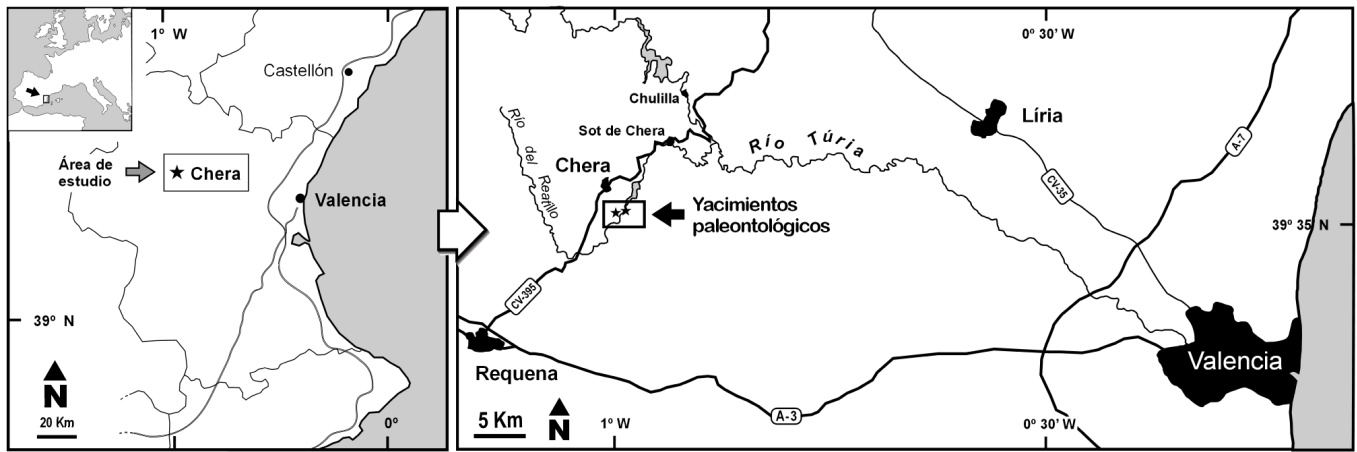


Fig. 8. Mapa de localización de los yacimientos paleontológicos de Chera en la provincia de Valencia. Imagen cedida por Julio Company.

4.2. CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO

El yacimiento Chera 0 forma parte de un conjunto de enclaves paleontológicos localizados en la Fosa de Chera. Se trata de un gran hundimiento tectónico de más de 1.000 m de profundidad y 60 kilómetros cuadrados de superficie, localizada a unos 60 km al oeste de Valencia, en el sector sur oriental de la rama valenciana de la cordillera ibérica (Fig.8).

Los diferentes yacimientos paleontológicos del área de Chera se localizan sobre niveles continentales lacustres de la formación Sierra Perenchiza (Campaniense superior a Maastrichtiense inferior). La zona representa un paleoambiente constituido por lagunas y áreas pantanosas litorales sometidas a ciclos de sequías e inundaciones periódicas. Se trata de un medio típico de concentración de restos fósiles de vertebrados, ya que facilita la concentración de fauna con la consiguiente acumulación de cadáveres y un enterramiento bastante rápido de los mismos.

Adicionalmente, los yacimientos paleontológicos de Chera han proporcionado evidencias fósiles de una variada fauna y flora de finales del Cretácico constituidas por restos fósiles de carófitas, palinomorfos, invertebrados acuáticos y de otros vertebrados, como son dinosaurios terópodos, ornitópodos y dinosaurios acorazados (anquilosaurios), pterosaurios, cocodrilos, tortugas y peces actinoptéridos¹³.



Fig. 9. Fotografía del fósil objeto de estudio antes de ser extraído del yacimiento. Imagen cedida por Julio Company.



Fig. 10. Fotografía del yacimiento de Chera 0. Imagen cedida por Julio Company.

4.3. ESTADO DE CONSERVACIÓN

Se trata de una vértebra dorsal que conserva el centro vertebral y una gran parte del arco neural, si bien los extremos de la espina neural, apófisis laterales y láminas intrapofiseales se encuentran parcialmente erosionadas. Las superficies articulares del centro vertebral han perdido la capa de tejido óseo externo, aflorando el tejido trabecular o tejido óseo interno. La vertebra procede de un nivel de margas grises carbonatadas, lo que provoca que todas las cavidades estuvieran rellenas de marga muy cementadas, formando concreciones adheridas al hueso, siendo esta la tónica normal de todos los fósiles encontrados en el yacimiento paleontológico de Chera 0.

Debemos destacar que nos encontramos ante un espécimen que ya había sufrido una intervención anterior aunque sin llegar a completar todo el proceso de restauración, motivo por el cual se retomó dicho proceso en el punto en el que había quedado detenido.

El espécimen había sido liberado parcialmente de la marga que lo englobaba completamente quedando concreciones de marga muy dura y compacta, con nódulos carbonatados en el interior de las cavidades del fósil, adheridas al tejido óseo fosilizado.

Más en detalle, pudo verse cómo las finas láminas de tejido óseo del arco neural estaban totalmente agrietadas y fragmentadas. Esto estaba provocado por las tensiones producidas durante el enterramiento. Se apreciaban restos de consolidante tanto de la excavación como de la primera intervención. No obstante, se trataba de un material muy frágil y quebradizo con zonas bastante disgregadas. El espécimen conservaba su forma tridimensional gracias al consolidante y a la propia marga que lo englobaba. Sin embargo, el espécimen presenta una notable deformación debido a la presión litoestática actuante durante su enterramiento.

En definitiva y en líneas generales, el estado de conservación del espécimen era delicado pero a pesar de su fragilidad se conservaba su integridad sin pérdida notoria de elementos anatómicos (Figs.11, 12 y 13).

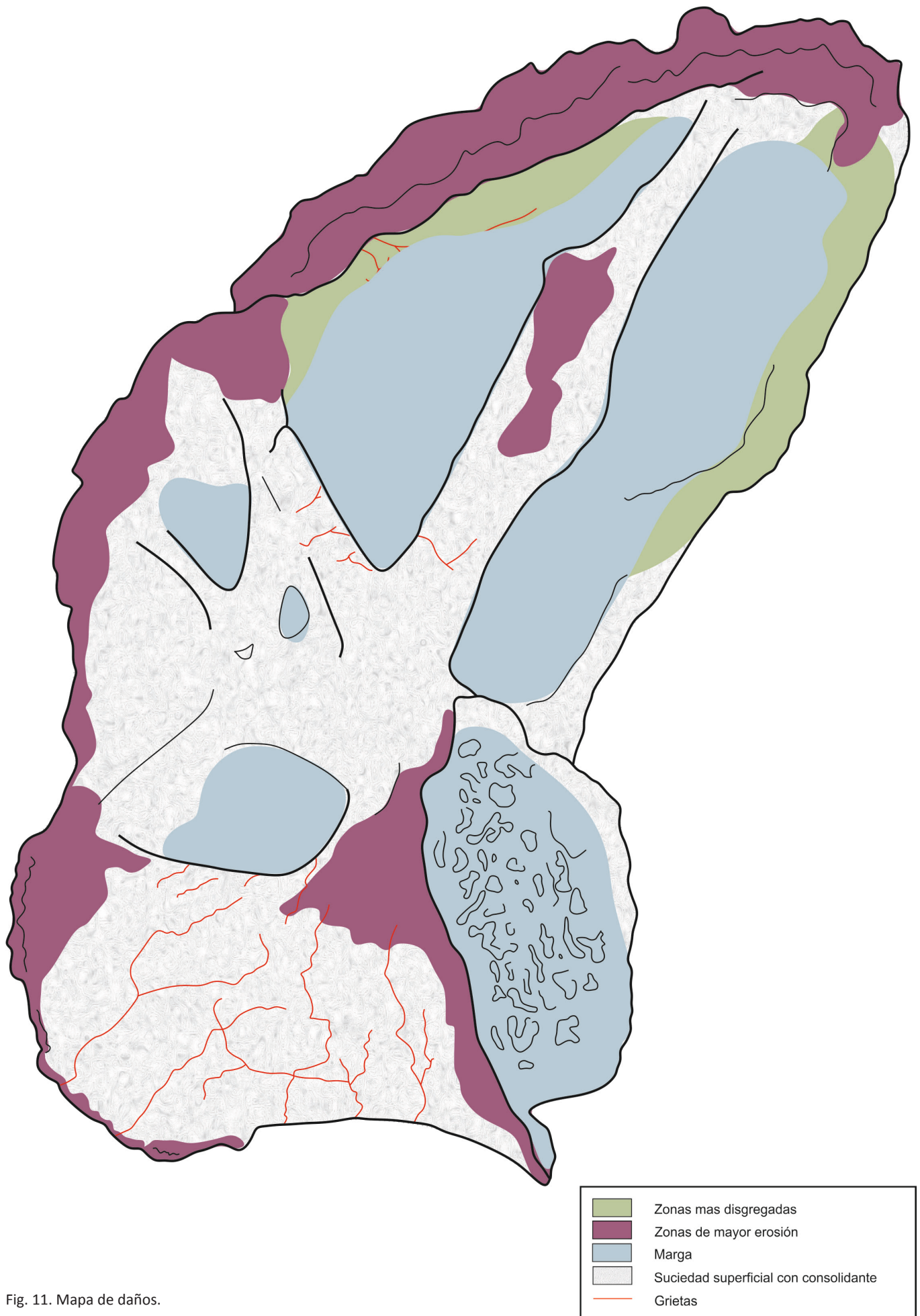




Fig. 12. Vista posterior o caudal del fósil, realizada durante el estudio previo a la intervención realizada por el autor

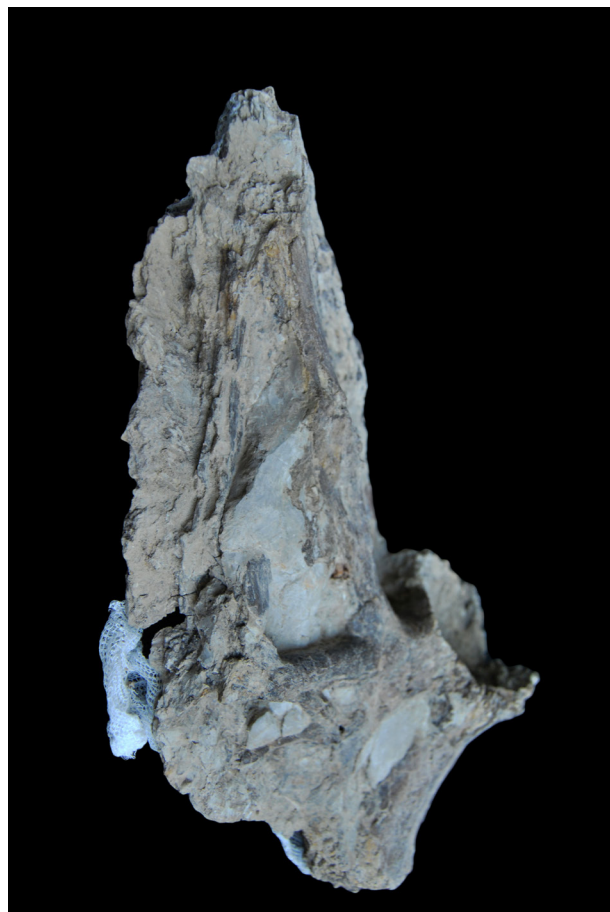


Fig. 13. Vista del fósil realizada durante el estudio previo a la intervención realizada por el autor.

Gracias a la ficha realizada en la primera intervención y que acompaña al espécimen se supo que ésta consistió en:

- Limpieza físico-mecánica mediante acetona y bisturí para la eliminación de la antigua protección realizada en la excavación con papel de alto gramaje y Paraloid B72.
- Limpieza mecánica estratigráfica mediante bisturí y limpieza físico mecánica con agua y bisturí para la eliminación de las partes más solubles de la matriz
- Limpieza química con una disolución ácido fórmico al 3% en agua, para la eliminación de matriz mas cementada .
- Consolidación mediante Paraloid B72 al 15% en xileno aplicado de forma puntual y superficial por goteo y en profundidad mediante inyección.

*Puede consultarse una copia de la ficha elaborada en la primera intervención en el apartado de Anexos.

5. CRITERIOS Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Además del estado de conservación de la pieza, otro de los factores importantes a tener en cuenta antes de decidir la intervención que se va a llevar a cabo es la finalidad del material a tratar. En este caso se trata de una pieza destinada fundamentalmente al estudio científico, aunque no se descartan futuras exposiciones del espécimen en la institución depositaria (MGUV).

Las intervenciones sobre este tipo de material no deben buscar su recuperación estética, sino restablecer su valor documental, sin alterar los resultados de futuras investigaciones. Por otra parte, la función divulgativa que el Patrimonio Paleontológico debe cumplir obliga a replantearse la recuperación del aspecto estético del fósil, para acercar su mensaje a un público no familiarizado con este tipo de objetos patrimoniales culturales. Es por ello necesario buscar un equilibrio entre estos dos planteamientos basándonos en el principio de mínima intervención.

De este modo y teniendo en cuenta el estado de conservación en el que se encontraba el espécimen a intervenir, las acciones sufridas durante la anterior intervención, y la finalidad de este, se consideró que la mejor opción sería centrar la intervención en su limpieza y estabilización, siguiendo, como se ha apuntado anteriormente, criterios de mínima intervención.

Por consiguiente, se propuso eliminar la mayor cantidad de marga posible para permitir la correcta visualización de los diferentes elementos anatómicos del espécimen, pero sin poner en peligro su integridad. También se propuso asegurar su estabilidad estructural mediante consolidación. De esta forma, se pretendía garantizar su transmisión al futuro y perdurabilidad a través de diferentes medidas de conservación preventiva.

Dada la especial fragilidad de la pieza se tomó la decisión de intervenir únicamente por uno de sus lados, en concreto sobre el perfil izquierdo de la vertebra. Con esta medida, dado que la vértebra presenta simetría bilateral, quedarían al descubierto todos los elementos anatómicos interesantes para su estudio y, a su vez, la marga que engloba el otro lado serviría de soporte y aseguraría en mayor medida la integridad de la pieza. De este modo no se dificultaría la posibilidad de exponer la pieza en un futuro.

Siguiendo todos los criterios expuestos anteriormente, la intervención que se propuso fue la de continuar el tratamiento de limpieza en el punto en el que se detuvo, por lo que se tomaron como punto de partida para realizar las primeras catas de limpieza los tratamientos realizados durante la primera intervención. Éstas consistirían en el empleo de agua desionizada en primer lugar, y a continuación se trabajaría con una disolución de ácido fórmico en agua desionizada al 3%, con la posibilidad de ir aumentando progresivamente los tiempos de actuación de forma controlada si fuera necesario. En el caso

de que estos métodos no resultasen efectivos, se pasarían a realizar catas con herramientas de limpieza mecánica eléctricas y/o de aire comprimido. Para la consolidación del espécimen se continuaría usando el mismo consolidante que se empleó en la intervención precedente (Paraloid B72), aunque en este caso utilizaríamos acetona para su disolución, ya que se trata de un disolvente mucho más inocuo para el restaurador que el xileno, el cual tiene una elevada toxicidad. Una vez terminados los procesos de limpieza y consolidación, se valoraría la necesidad de reintegrar o no la pieza y se finalizaría la intervención aplicando una capa de protección, preparando un sistema de almacenaje adecuado y evaluando las medidas necesarias para llevar a cabo una correcta conservación preventiva del espécimen.

6. PROCESO DE INTERVENCIÓN

Tal y como se comentó en el apartado anterior, y siguiendo los criterios de intervención que se establecieron en este caso, se llevó a cabo sobre la pieza la intervención propuesta (Fig.14). A continuación se detalla el proceso de intervención al cual se sometió el fósil. Dicho proceso se divide para su descripción en tres apartados: limpieza, consolidación y protección final.

Fig. 14. Proceso de intervención. Fotografía cedida por Begoña Carrascosa.



6.1. LIMPIEZA

Antes de comenzar con la intervención se debe tener en cuenta que todo tratamiento de limpieza es irreversible y muy delicado. Por lo tanto, dicho tratamiento debe plantearse de forma controlada, selectiva y gradual, evitando cualquier operación que pueda comprometer la integridad de la pieza. De este modo, debe comenzarse por los tratamientos más inocuos e ir aumentando progresivamente, y de forma controlada, la agresividad de éstos si fuera necesario¹⁴.

En este caso, se tuvieron que realizar diferentes catas de limpieza para seleccionar el método más adecuado para limpiar la pieza. En la siguiente tabla pueden consultarse las diferentes catas realizadas, indicando el sistema de limpieza probado, el método seguido para su aplicación y el resultado obtenido.

¹⁴ Carrascosa, B. La Conservación y Restauración de objetos cerámicos arqueológicos, p. 73





SISTEMA DE LIMPIEZA	MÉTODO DE APLICACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS
 <p>Fig. 15. Limpieza físico-química: empacos de agua desionizada + bisturí</p>	Empacos de agua desionizada sobre soporte de algodón aplicados durante 60 minutos y realizando comprobaciones cada 5 minutos. Retirada de los empacos y posterior eliminación de la película de marga reblandecida por la humectación	La cantidad de marga que se consiguió reblandecer lo suficiente como para poder ser retirada mecánicamente con el bisturí es muy pequeña por lo que resulta un procedimiento muy lento y poco efectivo.
 <p>Fig. 16. Limpieza físico-química: Ácido fórmico al 3%+ bisturí y/o cepillo suave</p>	Empacos de ácido fórmico al 3% en agua desionizada sobre soporte de algodón aplicados durante 30 minutos y realizando comprobaciones cada 2 o 3 minutos. Retirada de los empacos y neutralización de la zona con agua desionizada y posterior eliminación de la marga reblandecida con ayuda de bisturí y/o cepillo suave dependiendo de la zona de aplicación.	Los resultados obtenidos sobre las concreciones margosas más duras y compactas fueron similares al sistema anterior, poco efectivo, debido principalmente a la gran cantidad de consolidante utilizado durante la extracción del espécimen en la excavación. Sin embargo sí resultó efectivo en la zona de la trabécula donde se retiró el consolidante.
 <p>Fig. 17. Limpieza mecánica con micromotor*</p>	Aplicación directa utilizando puntas de tipo torno de diferentes formas y grosores	Fue muy efectivo para la reducción del grosor de las concreciones, aunque con esta herramienta se tiene poco control debido a la cantidad de polvo que produce y que impide visualizar la zona correctamente mientras se trabaja
 <p>Fig. 18. Limpieza mecánica con microcincel*</p>	Aplicación directa	A pesar de ser efectivo y permitir la visualización de la zona, se descartó este sistema de limpieza porque produjo fuertes vibraciones que podían ser perjudiciales para la integridad del espécimen.
 <p>Fig. 19. Limpieza mecánica con vibroincisor*</p>	Aplicación directa	Aunque no fue efectivo en concreciones muy gruesas, resultó muy efectivo y bastante rápido cuando la capa de marga era fina. Permitió un gran control de la herramienta y de la visibilidad gracias a que no produce polvo sino que las concreciones saltan en forma de pequeños fragmentos.

Tabla. Catas de limpieza

*Importante la utilización de almohadillas de arena que sirven para sujetar la pieza y amortiguar las vibraciones producidas por las diferentes herramientas.



Fig. 20. Vista de detalle de la limpieza mecánica con micromotor.



Fig. 21. Vista de detalle de la limpieza mecánica con vibroincisor.

De los resultados obtenidos en las diferentes catas de limpieza, se determinó que el método más efectivo consistía en la combinación de varios de los sistemas de limpieza probados. Seguidamente se explican, en detalle, cada uno de los pasos que se siguieron a la hora de limpiar el fósil, indicando el sistema de limpieza empleado en cada caso, justificando su elección y valorando los resultados del proceso.

Para eliminar las concreciones carbonatadas que estaban adheridas a las laminas intrapofisiales y en el interior del canal neural y el pleurocelo se utilizó la combinación de varios sistemas de limpieza mecánica: en primer lugar, se redujo el grosor de las concreciones de mayor envergadura mediante el epleo del micromotor para después proceder a eliminarlas con el vibroincisor (Figs.20 y 21). Tras determinar los pros y los contras de la utilización de estos sistemas de limpieza en las catas realizadas con anterioridad, se llegó a la conclusión de que ninguno de estos métodos sería totalmente efectivo utilizado por sí solo, siendo mucho más útiles utilizándolos de manera complementaria. Esto se debe, por un lado, a la incapacidad del vibroincisor de eliminar concreciones de determinado grosor y por otro, a la falta de precisión que nos proporciona el micromotor, debida a la gran cantidad de polvo producida por la erosión y que nos impide visualizar la zona de trabajo correctamente. Sin embargo, la combinación de los dos sistemas de limpieza proporcionó la solución para trabajar con total seguridad y precisión. De esta manera, al utilizar el micromotor sólo para reducir el grosor de la concreción sin llegar a su completa eliminación se evita acercarse demasiado la punta de torno al espécimen y se previene así dañar su superficie. Una vez se redujo el grosor de la concreción, fue posible eliminarla sin problemas con el vibroincisor, ya que la punta metálica de esta herramienta produce unas leves vibraciones sobre la fina capa de marga que provoca su separación del tejido óseo fosilizado sin necesidad de acercarse la herramienta a su superficie.

Por otro lado, la superficie articular posterior había perdido el tejido óseo externo dejando así expuesto el tejido trabecular interno en forma de panel de abeja, lo que facilitó la acumulación de marga en el interior de las cavidades intertrabeculares y sobre su superficie. Además, esta marga se encontraba completamente endurecida por el consolidante utilizado durante la excavación y la intervención anterior. Por consiguiente, fue necesario para su limpieza eliminar primero el consolidante que la endurecía. Según los datos proporcionados por el paleontólogo que realizó la excavación y la ficha técnica de la anterior intervención, el consolidante que había sido aplicado previamente era Paraloid B72. Para disolver y eliminar dicho consolidante se utilizó acetona aplicada mediante hisopo; ya que el Paraloid B72 es una resina acrílica termoplástica soluble, entre otros disolventes, en acetona. Siendo este el disolvente más apropiado para su eliminación, principalmente por su baja toxicidad y por ser muy volátil, lo que evita que la resina disuelta penetre en la superficie porosa del fósil y facilita que quede atrapada en las fibras de algodón del hisopo.



Fig. 22. Vista de detalle de la limpieza fisicoquímica con ácido fórmico al 3% combinada con limpieza mecánica con bisturí.



Fig. 23. Vista de detalle de la consolidación.

Una vez eliminado el consolidante, fueron aplicados empacos de algodón impregnados con una disolución de ácido fórmico al 3% en agua para reblandecer la marga de la superficie. De esta manera se produjo una reacción química controlada que provocó la transformación de la marga en compuestos solubles que pudieron ser retirados fácilmente a continuación con ayuda del bisturí y cepillado suave de la zona (Fig.22).

Transcurridos unos minutos, fue importante asegurarse de que el ácido era neutralizado correctamente con agua desionizada para evitar que éste afecte al tejido óseo fosilizado.

Finalmente, se optó por no eliminar por completo la marga de las cavidades intertrabeculares para mantener la integridad del tejido esponjoso interno.

6.2. CONSOLIDACIÓN

El tratamiento de consolidación se llevó a cabo de forma continuada durante todo el proceso de limpieza, de forma pareja a este, de manera que antes de que la pieza perdiera cohesión con la retirada de la marga que lo envolvía se le aplicaba el consolidante. Una vez retirada la marga se volvía a comprobar la estabilidad de la zona y se repetía la consolidación si se creía necesario.

Se ha utilizado Paraloid B72 disuelto con acetona con unas proporciones de entre el 5 y 10%, dependiendo de la descohesión de la zona a tratar y el método de aplicación empleado en cada momento; siendo mediante impregnación a pincel o por inyección los métodos de aplicación del consolidante que se utilizaron (Fig.23). La elección del método de aplicación y la proporción de la disolución dependió principalmente de la profundidad de la consolidación que se quería conseguir en cada caso: para una consolidación superficial se utilizó una mayor proporción del consolidante aplicado mediante impregnación a pincel, mientras que para lograr una consolidación más profunda se aplicó el consolidante mediante inyección a una proporción más baja para que favoreciese su penetración.

La elección del Paraloid B72 como consolidante vino determinada por dos razones fundamentales: en primer lugar por sus propiedades, ya que es una resina muy estable y de fácil reversibilidad, y en segundo lugar por tratarse de la resina utilizada sobre el espécimen durante su extracción del yacimiento y la primera intervención.

Llegados a este punto, fue necesario reflexionar sobre la conveniencia o no de una posible reintegración. Siguiendo, una vez más, el principio de mínima intervención, teniendo en cuenta que la introducción de nuevos materiales podría dificultar el estudio del espécimen y que una posible reintegración no aportaría información relevante a la pieza se llegó a la determinación de que era mejor no realizarla.

6.3. PROTECCIÓN FINAL

Finalizado el proceso de limpieza y consolidación se aplicó una capa de protección general por toda la superficie para lo que se utilizó una disolución de Paraloid B67 al 5% en acetona, resina muy similar a la utilizada para la consolidación pero con un acabado mate más apropiado para la correcta visualización del espécimen. El método de aplicación escogido en este caso a pincel en tres aplicaciones sucesivas. De esta forma, la acetona evapora rápidamente con lo que se consigue que la resina quede en superficie formando una capa homogénea (Fig.24).

Fig. 24. Vista general realizada durante la aplicación de la protección final.





Fig. 25. Vista general del espécimen tras la intervención.



Fig. 26. Comparativa del antes y el después de la intervención.

7. CONSERVACIÓN PREVENTIVA. SISTEMA DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO.

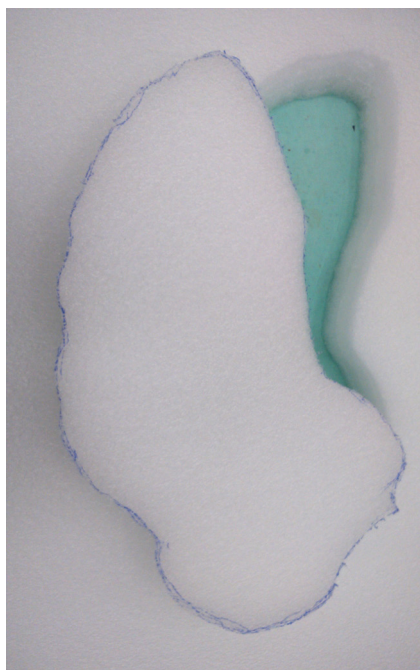


Fig. 27. Elaboración del embalaje.

Una vez finalizada la intervención restaurativa, la labor del conservador-restaurador aún no ha concluido, pues es obligación suya garantizar el mantenimiento del espécimen en las mejores condiciones posibles, controlando los diferentes factores de deterioro que podrían afectarle. Esto es lo que se conoce como conservación preventiva.

La conservación preventiva engloba todas las acciones indirectas llevadas a cabo sobre el espécimen o su entorno dirigidas a evitar la aparición de nuevos deterioros, mediante el control de los diferentes riesgos, actuando así directamente sobre el origen de los problemas.

Puesto que se trata de una pieza cuya finalidad principal es su estudio y que la mayor parte de la información se observa con una visión lateral, tal como se ha ido apuntando anteriormente, se pensó que el sistema idóneo de almacenaje para esta pieza debía permitir su estudio con una mínima manipulación. Para ello se decidió elaborar una caja con una plantilla rígida de espuma de poliestileno con la contraforma del espécimen. Se utilizó poliestileno porque se trata de un material resistente, no abrasivo, químicamente inerte y compatible con los materiales con los que se ha trabajado.

Para elaborar la plantilla se colocó el espécimen sobre una plancha de poliestileno de 5 cm de grosor y se marcó el perímetro con un rotulador. Acto seguido, se retiró el espécimen y se vació el espacio interior con ayuda de un bisturí, de forma que el fósil pudiera insertarse fácilmente en su interior (Fig.27). Posteriormente se colocó la plancha con la contraforma sobre otra plancha con un grosor de 2 cm que serviría de base. Para finalizar el proceso, se recortaron las planchas de poliestileno según el tamaño de la caja que iba a contener todo el conjunto. En este caso se trataba de una caja de cartón de 45x35x20 cm. Finalmente, se colocó la plantilla de espuma de poliestileno en el interior de la caja (Figs.28 y 29).

A continuación, se incluyó en el interior de la caja gel de sílice para el control de la humedad relativa. Además, se fijó en el exterior de la caja una etiqueta con los datos del fósil para facilitar su localización sin tener que abrir y cerrar la caja de forma innecesaria, aunque también se incluye un duplicado de la etiqueta en el interior junto con la ficha técnica. Pueden consultarse unas copias de la ficha técnica elaborada tras esta intervención y la etiqueta en el apartado de Anexos.



Fig. 28. Vista del espécimen en el interior de su embalaje.



Fig. 29. Vista del embalaje.

Además de un buen embalaje es aconsejable almacenar la caja con el espécimen en una sala con acceso controlado, que no esté sometido a fuertes vibraciones ni a atmósferas contaminadas y con un control climático adecuado, sin cambios bruscos de temperatura ni de humedad relativa, manteniendo siempre unos valores de entre el 40-55% de humedad relativa y entre 16-24 °C de temperatura, siendo los idóneos 50% de humedad relativa y 21°C.

En el caso de que fuera a ser expuesto, el sistema expositivo más adecuado sería una vitrina hermética en cuyo interior debe mantenerse una humedad relativa de 45-55% y una temperatura de entre 16-24°C. La iluminación debe ser exterior a la vitrina y deben colocarse filtros de ultravioleta para evitar que estos dañen cualquier componente del espécimen¹⁵.

8. CONCLUSIONES

En este Trabajo Fin de Grado se llevó a cabo una intervención de conservación y restauración de un resto fósil (vertebra dorsal de dinosaurio *Lirainosaurus astibiae*) con el fin de prepararlo para su estudio y asegurar su perdurabilidad en el tiempo.

Para llevar a cabo la intervención realizada fue imprescindible un trabajo interdisciplinar, una comunicación directa y continua entre el técnico paleontólogo implicado en este trabajo y la técnico restauradora, lo que facilitó la toma de decisiones y la definición de unos criterios de intervención que mantuvieran el equilibrio entre la función documental del espécimen y los requisitos necesarios para su salvaguarda en el tiempo.

Siguiendo además el principio de mínima intervención y teniendo en cuenta la irreversibilidad que implica el tratamiento de limpieza, se decidió centrar la intervención sólo en una cara de la vertebra ya que en esta se encuentra toda la información necesaria para el estudio y clasificación de la pieza y existía el temor de que la eliminación completa de la matriz pudiera suponer peligro para la estabilidad estructural del espécimen.

Siguiendo estos mismos criterios, se tomo la decisión de no realizar sobre la pieza ningún tipo de reintegración.

Una vez finalizado el trabajo, se puede concluir que los resultados obtenidos han sido satisfactorios ya que se han cumplido todos los objetivos específicos de partida: se ha llevado a cabo un estudio completo, tanto a nivel práctico como documental del espécimen, lo que permitió conocer y evaluar el estado de conservación que presentaba y plantear una propuesta de intervención acertada. Una vez decidido el tratamiento, se llevo a cabo la intervención y se fueron documentando todos los procesos realizados, lo que posteriormente facilitó la elaboración del presente informe, en el que se incluye además unas pautas para la conservación preventiva de la pieza. Con todo esto se logró cumplir el objetivo principal del TFG: la preparación de un espécimen paleontológico para su estudio y posterior conservación en las mejores condiciones posibles.

9. BIBLIOGRAFÍA

ABERASTURI, A; FERRER, R; COBOS, A. Preparación de un fémur de dinosaurio (Colorado, EE UU). En: *Kausis*. Aragón: Escuela taller de restauración de Aragón II, 2009, num.6, ISSN 1885-6071

CARBOT, G. Vertebrados fósiles: desde el campo hasta la sala de exhibición. En: *Ciencia y Tecnología en la frontera*. México: Órgano de divulgación científica del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas, 2005, num.3

CARRASCOSA, B. *La Conservación y Restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. Tecnos, 2009.

CARRASCOSA, B; COMPANY, J. *La Conservación y Restauración de materiales fósiles*. Sin editar.

COMPANY,J; PEREDA, X; RUIZ-OMEÑACA, J.I. Nuevos restos fósiles del dinosaurio *Lirainosaurus* (Sauropoda, Titanosauria) en el Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano) de la Península Ibérica. En: *Ameghiniana*. Buenos Aires: Asociación Paleontológica Argentina, 2009

CORRAL, J. C. Técnicas aplicadas en la preparación de un cráneo cuaternario de *Panthera pardus* (Linneo, 1758) de Ataun (cueva Allekoaitze, Guipúzcoa, España). En: *Boletín Geológico y Minero*, España: Instituto Geológico y Minero, 2012. Num.2, ISSN 0366-0176

DIEGUEZ, C. *Manual de colecta, preparación y conservación de macrofósiles para colecciones científicas*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994

DÍEZ, V. *Revisión del dinosaurio saurópodo *Lirainosaurus astibiae* (Titanosauria) del Cretácico Superior de la Península Ibérica: Comparación con otros titanosaurios del suroeste de Europa. Hipótesis Filogenética y Paleobiogeográfica* [tesis doctoral]. Bizkaia: Universidad del País Vasco, 2013.

DÍEZ, V; PEREDA, X; SANZ, J.L. Appendicular skeleton and dermal armour of the Late Cretaceous titanosaur *Lirainosaurus astibia* (Dinosauria: Sauropoda) from Spain. En: *Paleontología Electrónica Society for Vertebrate Paleontology*. August 2013. [consulta: 20-10-2014]

Disponible en: <http://palaeo-electronica.org/content/pdfs/350.pdf>

--Braincase anatomy of the titanosaurian sauropod *Lirainosaurus astibiae* from the Late Cretaceous of the Iberian Peninsula. En: *Acta Palaeontologica Polonica*. Poland: Institute of Paleobiology, Polish Academy of Sciences. 2011. [consulta: 20-10-2014]

Disponible en: <http://www.bioone.org/doi/full/10.4202/app.2010.0043>

--The axial skeleton of the titanosaur *Lirainosaurus astibiae* (Dinosauria: Sauropoda) from the latest Cretaceous of Spain. En: *Cretaceous Research*. Elsevier, 2013, Vol. 43, pp. 145–160. [consulta: 20-10-2014]

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cretres.2013.03.002>

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. Tafonomía, fosilización y yacimientos de fósiles: modelos alternativos. En: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, España: Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, AEPECT, 2001, Vol.9, Num.2, ISSN: 1132-9157

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. *Temas de Tafonomía*. Departamento de Paleontología Universidad Complutense de Madrid. Madrid: Departamento de Paleontología Facultad de Ciencias Geológicas. Depósito Legal: M-22430-2000

FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E. Enfoques emergentes en la investigación de la historia de la Tierra. En: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, España: Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, AEPECT, 2013, Vol.21, Num.2, ISSN: 1132-9157

MONTERO, A; DIÉGUEZ, C. Colecta y conservación de fósiles. En: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, España: Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, AEPECT, 2001, Vol.9, Num.2, ISSN: 1132-9157

SANZ, J.L. et al. Sauropod remains from the upper cretaceous of Laño (Northcentral Spain). Titanosaur phylogenetic relationships.

Est. Mus. Cienc. Nat. De Alava. 1999. 14(Núm. Espec.1): 235-255

VICENS, E; OMS, O. Los fósiles: qué son y para qué sirven. En: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, España: Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, AEPECT, 2001, Vol.9, Num.2, ISSN: 1132-9157

10. ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1. Vista general de un yacimiento paleontológico durante su excavación.	Pág. 9
Fig. 2. Icnofósil o huella fosilizada.	Pág. 9
Fig. 3. Etapas y principales procesos diagenéticos en huesos de vertebrados.	Pág. 11
Fig. 4. Vista del perfil sobre el que se ha trabajado realizada durante el estudio previo a la intervención realizada por el autor.	Pág. 13
Fig. 5. Recreación de un <i>Lirainosaurus astibiae</i>	Pág. 14
Fig. 6. Posición de la vértebra en el esqueleto del <i>Lirainosaurus astibiae</i>	Pág. 15
Fig. 7. Esquema explicativo de la anatomía del fósil.	Pág. 15
Fig. 8. Mapa de localización de los yacimientos paleontológicos de Chera en la provincia de Valencia.	Pág. 16
Fig. 9. Fotografía del fósil objeto de estudio antes de ser extraído del yacimiento..	Pág. 16
Fig. 10. Fotografía del yacimiento de Chera O.	Pág. 16
Fig. 11. Mapa de daños.	Pág. 18
Fig. 12. Vista del fósil realizada durante el estudio previo a la intervención realizada por el autor	Pág. 19
Fig. 13. Vista del fósil realizada durante el estudio previo a la intervención realizada por el autor.	Pág. 19
Fig. 14. Fotografía del proceso de intervención.	Pág. 22
Fig. 15. Limpieza físico-química: empacos de agua desionizada + bisturí	Pág. 23
Fig. 16. Limpieza fisicoquímica: Ácido fórmico al3%+ bisturí y/o cepillo suave	Pág. 23
Fig. 17. Limpieza mecánica con micromotor.....	Pág. 23
Fig. 18. Limpieza mecánica con microcincel	Pág. 23
Fig. 19. Limpieza mecánica con vibroincisor	Pág. 23
Fig. 20. Vista de detalle de la limpieza mecánica con micromotor.	Pág. 24
Fig. 21. Vista de detalle de la limpieza mecánica con vibroincisor.	Pág. 24
Fig. 22. Vista de detalle de la limpieza fisicoquímica con ácido fórmico al 3% combinada con limpieza mecánica con bisturí.	Pág. 25
Fig. 23. Vista de detalle de la consolidación.	Pág. 25
Fig. 24. Vista general realizada durante la aplicación de la protección final.	Pág. 26
Fig. 25. Vista general del espécimen tras la intervención.	Pág. 27
Fig. 26. Comparativa del antes y el después de la intervención.	Pág. 28
Fig. 27. Elaboración del embalaje.	Pág. 29
Fig. 28. Vista del espécimen en el interior de su embalaje.	Pág. 30
Fig. 29. Vista del embalaje.	Pág. 30

*Todas las figuras, han sido realizadas por la autora de este trabajo, Isabel

Martín-Macho Millas, a excepción de las siguientes, cuyas fuentes son:

Fig. 1. Vista general de un yacimiento paleontológico durante su excavación. Fuente: <http://godzillin.blogspot.com.es>

Fig. 2. Icnofósil o huella fosilizada. Fuente: www.guiadinosaurios.com

Fig. 3. Etapas y principales procesos diagenéticos en huesos de vertebrados. Imagen cedida por Julio Company.

Fig. 5. Recreación de un *Lirainosaurus astibiae*. Fuente: www.dinoslevante.com, Ilustración de Oscar Sanisidro.

Fig. 6. Posición de la vértebra en el esqueleto del *Lirainosaurus astibiae*. Imagen cedida por Julio Company.

Fig. 8. Mapa de localización de los yacimientos paleontológicos de Chera en la provincia de Valencia. Imagen cedida por Julio Company.

Fig. 9. Fotografía del fósil objeto de estudio antes de ser extraído del yacimiento. Imagen cedida por Julio Company.

Fig. 10. Fotografía del yacimiento de Chera O. Imagen cedida por Julio Company.

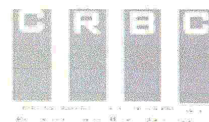
Fig. 14. Proceso de intervención. Fotografía cedida por Begoña Carrascosa.

11. ANEXOS.

ANEXO Nº1 FICHA TÉCNICA DE LA ANTERIOR INTERVENCIÓN.



Taller de Conservación y Restauración de Materiales Arqueológicos



Ficha técnica. Nº

Objeto

Procedencia

Localización

Nº de inventario
arqueológico

Cronología

Tipología

Dimensiones

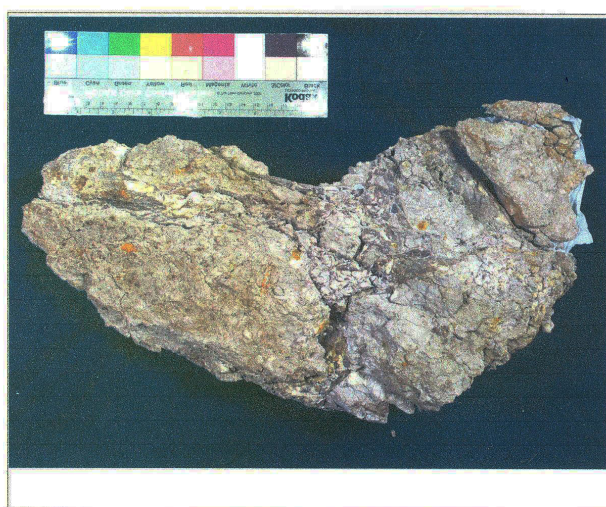
Peso

Tipo de materia

Técnica

Color

Decoración



FOTOGRAFÍA ANTERIOR A LA RESTAURACIÓN



FOTOGRAFÍA POSTERIOR

Datos Cronológicos Fecha de recepción

Inicio de proceso

Final de proceso

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Diagnóstico:
Indicar el número
de fragmentos,
características y
patologías...etc.

Muy delicado y fragil. Fina pared de hueso fosilizado muy quebradiza. Disgregación puntual del material fósil en zonas donde se ha dejado el descubierto el interior del hueso fosilizado (relleno de material rocoso.) Un único fragmento de vertebra dorsal, completamente incrustada en material terroso, tipo marga muy compacta, con material rocoso más duro localizado en las zonas interiores, más cercanas al fósil. La vertebra presenta una red de craqueladuras, así como costras de naturaleza no identificada localizadas en zonas puntuales.

Propuesta de
Intervención

Limpieza mecánica. Limpieza físico-mecánica. Limpieza química Consolidación.

PROCESO DE INTERVENCIÓN

Tratamientos de
limpieza

Limpieza mecánica estratigráfica mediante bisturí, apoyada con una limpieza mecánico-física con H₂O mas bisturí, para extracción de la matriz. Limpieza físico-mecánica para la eliminación de antigua protección ejecutada con papel de alto gramaje y Paraloid B72, mediante acetona y bisturí. Limpieza química con ácido fórmico al 3% en H₂O, para la eliminación de matriz mas cementada.

Consolidación/
Inhibición y
Montaje

Consolidación de escamas y lascas mediante el empleo de un adhesivo de resina acrílica Paraloid B72 en Xileno al 15%, puntual y superficialmente por goteo, y en profundidad por inyección.

Reintegración
volumétrica

Reintegración
cromática

Protección

Protección de una de las caras laterales de la vertebra con Paraloid B72 (al 15% en Xileno) aplicado a pincel, mas la aplicación de gasas de algodón, adaptadas a la topografía y formas de la pieza.

SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA OBRA

Lugar donde se ubicará la obra	INDEFINIDO.Presumiblemente sera embalado y almacenamiento.
Condiciones ambientales necesarias después de la restauración	Parametro de humedad relativa entre 45-55%. Parametro de temperatura entre 18-21°C. Luz tamizada, filtrar radiacion infrarroja y ultravioleta.
Embalaje	Embalaje en cajas de material polietileno, con un relleno amortiguador (poliestireno expandido)separando la pieza del contacto conel sistema del embalaje, y la estabilice. Materiales no deben aportar acidez ni humedad
Observaciones	Embalaje para almacenaje definitivo: caja nido mediante plantillas de espuma rígida que inmovilice las piezas Catalogacion y siglado de la caja de embalaje, para una correcta y facil identificacion y localizacion. Lugar de almacenamiento , e interior de las cajas de embalaje, con controles de Humedad y Temperatura. A poder ser almacenar en estanterias de materiales inoxidables, que permitan un buen acceso a las cajas. No superponer, unas sobre otras, mas de tres cajas.
Seguimiento posterior: Fecha y observaciones	Control de las condiciones ambientales de la pieza (HR Y Tª) ademas del comportamiento al envejer de los materiales añadidos.
Bibliografía	
Responsable/s de la Intervención	Maria del Señor Fernandez-Amaro Diaz-Pavon.
Documentación fotográfica	A rellenar por el responsable de taller

Una vez se complete la ficha técnica es posible imprimir una copia con los datos introducidos. No es posible guardar una copia del formulario.

Para completar de forma correcta la ficha técnica debe enviar los datos con el botón "Enviar Datos". Este botón activará una función que le permitirá enviar un paquete de datos encriptados en formato XML a becarmo@crbc.upv.es. Si todo funciona de manera correcta no debería de surgir ninguna dificultad.

Imprimir Ficha

Enviar datos

Indicar fecha

2013-03-14

ANEXO Nº2 FICHA TÉCNICA

**Taller de Conservación y Restauración de
Materiales Arqueológicos**Ficha técnica. Nº Objeto Procedencia Localización Nº de Inventario
arqueológico Cronología Tipología Dimensiones Peso Tipo de materia Técnica Color Decoración 

FOTOGRAFÍA ANTERIOR A LA RESTAURACIÓN



FOTOGRAFÍA POSTERIOR

Datos Cronológicos Fecha de recepción Inicio de proceso Final de proceso

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Diagnóstico:
*Indicar el número
de fragmentos,
características y
patologías...etc.*

Propuesta de
Intervención

Limpieza fisicoquímica

PROCESO DE INTERVENCIÓN

Tratamientos de
limpieza

Para eliminar las concreciones carbonatadas que estaban adheridas a las laminas intrapofisiales y en el interior del canal neural y el pleurocelo se utilizó la combinación de varios sistemas de limpieza mecánica: en primer lugar, se redujo el grosor de las concreciones de mayor envergadura mediante erosión con el micromotor para después proceder a eliminarlas con el vibroincisor.

Consolidación/
inhibición y
Montaje

Se ha utilizado Paraloid B72 disuelto con acetona con unas proporciones de entre el 5 y 10%, dependiendo de la descohesión de la zona a tratar y el método de aplicación empleado en cada momento; siendo mediante impregnación a pincel o por inyección los métodos de aplicación del consolidante que se utilizaron

Reintegración
volumétrica

Reintegración
cromática

Protección

Se aplicó una capa de protección general por toda la superficie de Paraloid B67 al 5% en acetona. El método de aplicación: a pincel en tres aplicaciones sucesivas.

SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA OBRA

Lugar donde se ubicará la obra	Museo de Geología de la Universidad de Valencia (MGUV)
Condiciones ambientales necesarias después de la restauración	Mantener siempre unos valores de entre el 40-55% de humedad relativa y entre 16-24 0C de temperatura, siendo los idóneos 50% de humedad relativa y 210C.
Embalaje	Caja de cartón con plantilla de poliestileno con la silueta del espécimen.
Obsevaciones	En el caso de que fuera a ser expuesto, el sistema expositivo más adecuado sería una vitrina hermética en cuyo interior debe mantenerse una humedad relativa de 45-55% y una temperatura de entre 16-240C. La iluminación debe ser exterior a la vitrina y deben colocarse filtros de ultravioleta para evitar que estos dañen cualquier componente del espécimen
Seguimiento posterior: Fecha y observaciones	
Bibliografía	
Responsable/s de la Intervención	Isabel Martín-Macho Millas
Documentación fotográfica	

ANEXO Nº3 ETIQUETA DE EMBALAJE

	Sigla MGUV 17893
Sigla colección	CH-1242
Sigla excavación	CHO-37-10
Espécimen	Vertebra dorsal completa
Taxón	<i>Lirainosaurus astibiae</i>
Edad	Mesozoico/Cretacico/Campanico
Localidad	Chera 0
Fecha extracción	24/9/10

